

Н. В. Сычев, А. П. Хомяков, С. В. Морданов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

kolya420a@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСРЕДНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Представлены результаты численного моделирования процесса усреднения химического состава технологических растворов в баке смешения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) установки цементирования ЖРО. Показано, что предложенное механическое перемешивающее устройство не обеспечивает требуемой эффективности усреднения химического состава ЖРО при подготовке к цементированию.

Ключевые слова: жидкие радиоактивные отходы; усреднение; гидродинамика процесса перемешивания.

N. V. Sychev, A. P. Khomyakov, S. V. Mordanov

Ural Federal University, Ekaterinburg

THE INVESTIGATION OF THE LIQUID RADIOACTIVE WASTE CHEMICAL COMPOUND AVERAGING

The results of the liquid radioactive waste chemical compound averaging process numerical simulation are presented. It is shown that the represented mechanical mixed device does not guarantee the required efficiency of the radioactive waste chemical compound averaging in preparation for the cementing.

Keywords: liquid radioactive waste; averaging; mixing process hydrodynamics.

Согласно федеральным нормам и правилам, технологические параметры процессов отверждения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) должны обеспечивать получение гомогенных компаундов с равномерным распределением радионуклидов по объему [1].

В современных условиях для сокращения сроков проектирования, снижения затрат и предварительной проверки технических решений широко используют методы и программные средства численного моделирования технологических процессов. Особенно актуальным данный подход является при проектировании оборудования атомных электростанций (АЭС). Моделирование технологических процессов применяется также при модернизации и оптимизации конструкции и режимов работы технологического оборудования.

В работе рассмотрен процесс выравнивания объемной доли раствора NaOH в баке с диаметром 2000 мм и рабочим объемом 6 м³ (рис. 1), входящем в состав установки цементирования ЖРО и предназначенном для усреднения химического состава и pH растворов при подготовке к цементированию. Перемешивание в баке осуществляется трехлопастной мешалкой с диаметром 500 мм и углом наклона лопастей к горизонту 45°. Частота вращения вала мешалки – 130 об/мин.

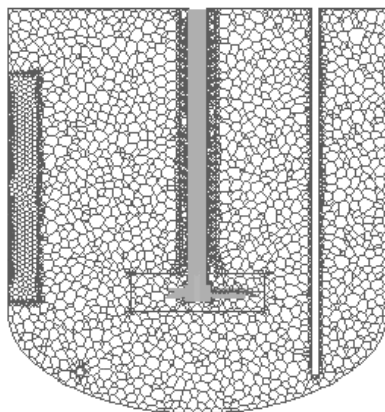


Рис. 1. Геометрическая модель и расчетная сетка аппарата

Для моделирования выравнивания объемной доли NaOH в объеме бака подготовки растворов ЖРО использовали программный комплекс ANSYSCFD. Для моделирования гидродинамики в баке использовали уравнения Навье-Стокса в постановке для смеси [2] и стандартную k - ϵ модель турбулентности [3, 4]. Вращение

перемешивающего устройства моделировали с помощью метода скользящих сеток [5].

Получены распределения объемной доли NaOH в баке подготовки растворов ЖРО в начальный момент (рис. 2) и в установившемся режиме работы аппарата (рис. 3). Показано, что в установившемся режиме работы аппарата существует застойная зона вблизи поверхности раствора и вблизи вала мешалки. Объемная доля NaOH здесь составляет 15...20 %. При этом, среднее значение объемной доли NaOH в баке – 25...30 %.

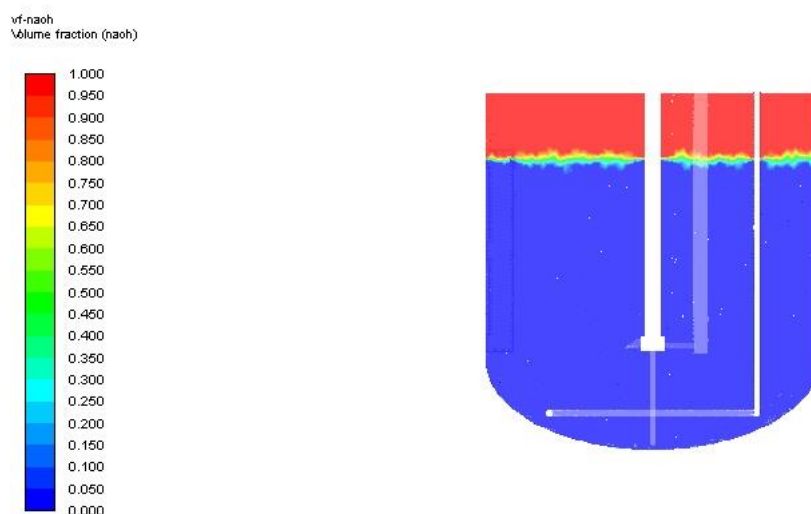


Рис. 2. Начальное распределение объемной доли NaOH

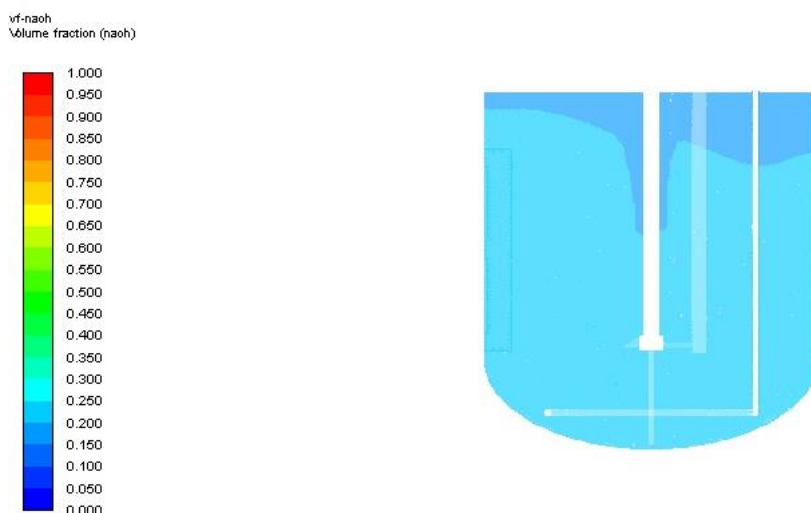


Рис. 3. Установившееся распределение объемной доли NaOH

Анализ результатов численного моделирования показывает, что предложенное механическое перемешивающее устройство не обеспечивает требуемой эффективности усреднения химического состава ЖРО при подготовке к цементированию в 10...15 % объема бака, то есть работа аппарата может не в полной мере удовлетворять требованиям федеральных норм и правил [1].

Для повышения эффективности усреднения химического состава ЖРО при подготовке к цементированию требуется модернизация перемешивающего устройства и (или) определение оптимальных режимов его работы.

Для получения более подробных сведений о гидродинамике перемешивания и об изменении неоднородности химического состава в баке смешения ЖРО перед цементированием требуется проведение дополнительных исследований.

Список использованных источников

1. НП 019-15. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности: Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. М. : Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2015. 22 с.
2. Manninen M. On the Mixture Model for Multiphase Flow / M. Manninen, V. Taivassalo. Espoo : Technical Research Center of Finland, VTT Publications, 1996. 67 p.
3. Launder B. C. Lectures in Mathematical in Models of Turbulence / B. C. Launder, D. B. Spalding. London : Academic Press, 1972. 169 p.
4. Авраменко М. И. О k - ε модели турбулентности / М. И. Авраменко. 2-е изд., перераб. и доп. Снежинск : Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2010. 102 с.
5. Marshall E. M. Computational Fluid Mixing / E. M. Marshall, A. Bakker. Lebanon : Fluent Inc, 2003. 154 p.